

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Л.В. Крамаренко

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

«СПЕЦКУРС З ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД»

*(для магістрів спеціальності
8.092601 – «Водопостачання та водовідведення»)*

Харків – ХНАМГ – 2009

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Спецкурс з очистки природних вод» (для магістрів спеціальності 8.092601 – «Водопостачання та водовідведення»). Укл.: Л.В. Крамаренко. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 51 с.

Укладач: Л.В. Крамаренко

Рецензент: проф. С.С. Душкін

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очистки вод, протокол № 1 від 30.08.2008р.

З М І С Т

	Стор.
1. Теоретична частина	4
Загальні вказівки	4
Види аналізів води	5
1.1. Хімічний аналіз води	5
1.2. Технологічний аналіз води	10
1.3. Бактеріологічний аналіз води	12
2. Лабораторні роботи	13
<i>Лабораторна робота №1. Визначення прозорості води</i>	13
<i>Лабораторна робота №2. Дослідження Na – катіонітового фільтру при пом'якшенні води</i>	17
<i>Лабораторна робота №3. Визначення деяких органолептичних показників якості води</i>	22
<i>Лабораторна робота №4. Визначення оптимальної дози хлору при підготовці води господарсько-питного призначення</i>	26
<i>Лабораторна робота №5. Розрахунок гранулометричних характеристик завислих речовин по кривій осаджуваності</i>	30
<i>Лабораторна робота №6. Технологічне моделювання процесу осадження зкоагульованих домі шків</i>	35
<i>Лабораторна робота №7 . Визначення фільтрувальності води</i>	39
<i>Лабораторна робота №8 Технологічне моделювання процесу прояснення в шарі завислого осаду.</i>	42
3. Правила техніки безпеки під час проведення лабораторних робіт	47
Список літератури	49
Додаток 1	50

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Лабораторні роботи студенти виконують відповідно до навчального плану семестру. Тривалість виконання однієї роботи – 2 год. Для проведення лабораторних занять академічна група студентів підрозділяється на бригади, які займаються кожна своєю лабораторною роботою. Заняття проводять два викладачі, за кожним з яких закріплюється рівна кількість бригад.

Перед початком лабораторних робіт викладач проводить інструктаж по техніці безпеки проведення лабораторних робіт і по пожежній безпеці, з оформленням у відповідних журналах і з підписами студентів. Студенти, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, до виконання робіт не допускаються.

Перед лабораторними заняттями студенти проробляють теоретичну і практичну частини майбутньої лабораторної роботи, доповідають викладачу порядок її проведення, після чого оформляють лабораторний журнал і одержують допуск до виконання роботи.

З усіма питаннями, що виникають у процесі виконання лабораторної роботи, студенти звертаються до викладача.

Результати лабораторних робіт заносяться в лабораторний журнал (*Додаток 1*).

Оформлену роботу студент захищає і здає викладачу.

1. ВИДИ АНАЛІЗУ ВОДИ

До числа основних аналізів води відносять хімічний, технологічний і бактеріологічний.

1.1. ХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВОДИ

Хімічний аналіз поділяється на якісний і кількісний.

Мета *якісного аналізу води* - встановлення якісного складу її домішок. Кількісний аналіз дозволяє оцінити кількісний зміст домішок у воді. Якісний аналіз дає відповідь типу "так", "ні". Його здійснюють доданням до досліджуваної проби води реактиву (реагенту), що вступає з визначеними сполуками у реакцію, що супроводжується характерною зміною системи (поява чи зміна кольору, помутніння та ін.).

У ряді випадків проведення якісного аналізу буває достатнім, щоб установити придатність води для використання для того чи іншого призначення. Наприклад, у воді, яка використовується для виробництва кіноплівки, має бути відсутнє залізо. Якщо аналіз показує наявність у воді заліза, це - однозначна відповідь про непридатність такої води на таких підприємствах.

Якісний аналіз є корисним у виборі правильного методу *кількісного аналізу*. Більшість кількісних методів визначення призводять до помилкових результатів у присутності інших „елементів, що заважають”. Якісний аналіз, виявляючи „елементи, що заважають”, допомагає відповідним чином змінити основний хід роботи так, щоб перебороти цей заважаючий вплив.

Найбільш розповсюдженими методами кількісного аналізу є гравіметричний, об'ємний і фізико-хімічний.

Гравіметричний аналіз здійснюють шляхом додавання в пробу води надлишку реактиву, що утворить з умовною речовиною малорозчинне сполука, яке випадає в осад. Осад відфільтровують, висушують, визначають його масу. Характерна риса гравіметричного аналізу - додавання до проби води надлишку реактиву для забезпечення повноти реакції його з обумовленим компонентом. (Реактив повинен реагувати тільки з обумовленим компонентом). Аналіз досить громіздкий і вимагає значних затрат часу для одержання результату.

Принцип об'ємного аналізу полягає в тому, що умовна речовина вступає в хімічну взаємодію з реактивом, яку додають у пробу у виді розчину зазначеної концентрації (титрований розчин) і в кількості, строго еквівалентному кількості умовної речовини. Процес доливання реактиву до води називають *титруванням*. По зміні кольору індикатора наприкінці реакції між титрованим розчином реактиву та умовною речовиною судять про те, що реакція відбулася. Для обчислення результату аналізу необхідно знати точні обсяги розчинів речовин, які беруть участь у реакції (титрованого розчину і проб води). Формула для розрахунку має наступний вид

$$X = \frac{V_1 N E \cdot 1000}{V}, \quad (1.1)$$

де X – кількість умовної речовини, $мг/дм^3$;

V_1 – кількість титрованого розчину, витраченого на титрування проби досліджуваної води, $см^3$;

N – нормальність титрованого розчину;

E – міліграм-еквівалент умовної речовини;

V – обсяг досліджуваної води, узятий для титрування, $см^3$.

У тих випадках, коли умовна речовина міститься у воді в дуже малих кількостях, найбільш оптимальними є методи фізико-хімічного аналізу, серед них найбільше поширені методи колориметрії і нефелометрії.

У методах *колориметрії* концентрацію умовної речовини, за умови її кольоровості, можна установити безпосередньо, порівнюючи інтенсивність кольоровості зі стандартом (тобто розчином з відомою концентрацією умовної речовини). В інших випадках у досліджувану воду додають реактив, що, вступаючи в реакцію з умовною речовиною, утворюючи кольорову сполуку. Порівнюючи кольоровість досліджуваної води зі стандартом (у який доданий той же реактив) установлюють концентрацію умовної речовини, абсолютне значення якої знаходять за допомогою градуіровочного графіка.

При порівнянні інтенсивності фарбувань використовують головним чином наступні методи: метод колірної шкали, метод зрівняння фарбувань, фотоколориметричний.

У методі колірної шкали кольоровість досліджуваної проби води порівнюється з кольоровістю серії стандартних розчинів, виготовлених тим самим способом. Аналіз проводиться у скляних судинах, які заповнені досліджуваною водою і стандартними розчинами. Концентрація умовної речовини у воді буде дорівнювати концентрації стандартного розчину, з кольором якого збігається колір проби води.

У методі порівняння кольоровостей порівнюються інтенсивності кольору проби води і стандартного розчину, що можуть значно розрізнятися. Порівняння виконується в спеціальних колориметричних циліндрах (циліндри Генера) із краниками, розташованими в нижній частині циліндру. Висоту стовпа рідини в кожному циліндрі регулюють шляхом відливання інтенсивності кольоровості в обох циліндрах, порівнюючи при цьому рівні рідини в циліндрах.

При досягненні однакової інтенсивності кольоровості знаходять відповідні концентрації

$$C_{cm}h_{cm} = C_{\epsilon}h_{\epsilon}, \quad (1.2)$$

$$C_{\epsilon} = \frac{C_{cm}h_{cm}}{h_{\epsilon}},$$

де C_{cm} і C_{ϵ} – концентрації відповідно стандартного розчину і досліджуваної води;

h_{cm} і h_{ϵ} – висота стовпа відповідно стандартного розчину і води.

Фотоколориметричний метод визначення концентрації речовини заснований на вимірі інтенсивності світлового потоку (коефіцієнта пропусцення), що пройшло через пофарбований розчин.

Для виміру коефіцієнта світлопропускання використовують фотоколориметри різних моделей (ФЭК, КФК-2, КФО та ін.). Проведення фотоколориметричних вимірів на колориметрі фотоелектричному однопроменевому (КФО)

полягає у вимірі відносини двох світлових потоків - повного і минулого через вимірюване середовище.

На фотоприймач по черзі направляються світлові потоки: повний Φ_o і пропущений через досліджувану пробу води Φ .

Коефіцієнт світлопропускання τ досліджуваної води, що представляє собою відношення цих потоків, визначають як співвідношення відповідних фотострумів I безпосередньо по шкалі мікроамперметра (рис. 1)

$$\tau = \frac{I}{I_o} \cdot 100\%$$

де I – фотострум, що відповідає світловому потоку Φ , який пройшов через досліджувану воду;

I_o – фотострум, що відповідає повному світловому потоку Φ_o .

Проведенню вимірів передусь підбор поглиначів (світлофільтрів) і вимірювальних кювет. Наявність комплекту поглиначів і кювет дозволяє підібрати такі умови для вимірів, коли похибка у визначенні концентрації буде найменшою.

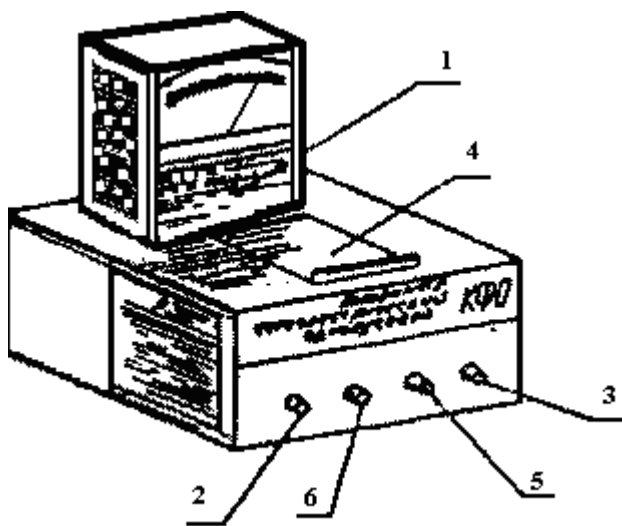


Рис. 1 - Зовнішній вигляд приладу КФО

Вимір коефіцієнта пропускання (рис. 1) виконують таким чином: ручкою „Поглинаючі” 2 уводять попередньо підібраний поглинач, потім ручкою „Встановлення нуля” 3 на шкалі мікроамперметра 1 встановлюється нуль при відкритій кришці 4 кюветного відділення. У кюветне відділення встановлюється піді-

брана кювета з дистильованою водою, у яку додані всі необхідні для аналізу реактиви. Кришка кюветного відділення закривається і за допомогою ручки „Установка 100” 5 виставляється відлік 100 на шкалі приладу.

Потім у кюветне відділення встановлюється кювета з досліджуваною водою, у яку додані всі необхідні реактиви. Переключення кювет у світловому пучку відбувається поворотом ручки „Кювета” 6 до кінця. Кришка 4 закривається і знімається відлік μ по шкалі 1. Відлік μ відповідає коефіцієнту пропускання τ вимірюваного зразка води, вираженому в %.

Попередньо будують градуіровочну криву. Для цього готують ряд розчинів умовної речовини з відомими концентраціями. Потім вимірюють коефіцієнти пропускання τ і по них, користаючись табл. 1, визначають оптичну щільність D усіх розчинів. Відкладаючи по горизонтальній осі відомі концентрації розчинів, а по вертикальній - відповідні їм значення оптичної щільності D , будують градуіровочну криву.

Таблиця 1

D	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	100	97,7	95,5	93,3	91,2	89,1	87,1	85,1	83,2	81,3
0,1	79,4	77,6	75,9	74,1	72,4	70,8	69,2	67,6	66,1	64,6
0,2	63,1	61,7	60,3	58,9	57,5	56,2	54,9	53,7	52,5	51,3
0,3	50,1	49,0	47,9	46,8	45,7	44,7	43,7	42,7	41,7	40,7
0,4	39,8	38,9	38,0	37,1	36,3	35,5	34,7	33,9	33,1	32,4
0,5	31,6	30,9	30,2	29,5	28,8	28,2	27,5	26,9	26,3	25,7
0,6	25,1	24,5	24,0	23,4	22,9	22,4	21,9	21,4	20,9	20,4
0,7	19,9	19,5	19,1	18,6	18,2	17,8	17,4	17,0	16,6	16,2
0,8	15,8	15,5	15,1	14,8	14,5	14,1	13,8	13,5	13,2	12,9
0,9	12,6	12,3	12,0	11,7	11,5	11,2	11,0	10,7	10,5	10,2
1,0	10,0	9,8	9,5	9,3	9,1	8,9	8,7	8,5	8,3	8,1

Примітка. У першому стовпці таблиці подані значення оптичної щільності D через інтервал 0,1, а у верхньому рядку, поміщені її соті частки. На перетинанні рядка зі стовпцем приведені відповідні значення коефіцієнта пропускання τ в %.

Градуіровочну криву потім використовують для визначення невідомої концентрації речовини в досліджуваній воді. Для цього досліджувану воду з доданими реагентами наливають у ту ж кювету, для якої побудована градуіровочна крива, і, включаючи той же поглинач (світлофільтр), вимірюють коефіцієнт пропускання і визначають оптичну щільність по табл. 1. Потім по градуіровочній кривій знаходять концентрацію досліджуваної речовини, що відповідає отриманому значенню оптичної щільності.

1.2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВОДИ

У сучасних умовах щоб отримати воду належної якості, використовується безліч різних реагентів, матеріалів, фізичних методів і різноманітних споруд. В результаті цього властивості води змінюються, що необхідно враховувати, при забезпеченні необхідного ефекту очищення. Так названі технологічні властивості води, визначаються методами технологічного аналізу. За допомогою технологічного аналізу з декількох можливих методів корегування того чи іншого показника якості води вибирається найбільш ефективний і економічний, установлюється необхідна доза реагенту, визначається кінетика осадження суспензій, швидкості протікання води в різних спорудах, динаміка росту втрат напору у фільтрувальних спорудах і т.д. Незнання технологічних властивостей води може призвести до серйозних помилок при проектуванні очисних станцій.

При реалізації найбільш розповсюджених технологічних схем очищення води необхідно мати дані параметри, що характеризують технологічні властивості води: коагулювання, зменшення кольоровості, осадження суспензії, фільтрування, знезалізнення, пом'якшення, стабільність, хлорування і т.п.. Ці дані отримують в результаті технологічного аналізу води. Якість води визначається її складом, концентрацією і властивостями домішок, що містяться в ній. Крім того, щоб ознайомитись з фізичними і хімічними показниками якості води, та засвоїти методи їхнього визначення, студенти повинні вміти визначати склад домішок води та їхню концентрацію. Однак цих даних недостатньо, щоб кваліфіковано запроектувати технологічну схему обробки води з метою поліпшення

її якості, підібрати і розрахувати споруди, в яких ця технологія буде здійснюватися. Дані про фізичні і хімічні показники якості води повинні бути доповнені технологічними показниками, які встановлюються за допомогою технологічного аналізу.

Технологічний аналіз проводиться:

- для визначення властивостей води при пошуку джерела водопостачання і проектування споруд, для корегування якості води;
- з метою контролю показників якості води в процесі її обробки.

Сучасна водопідготовка - це складна хімічна технологія, у якій для обробки води використовуються різні реагенти, матеріали, фізичні впливи і безліч різноманітних пристроїв. Від характеру взаємодії домішок води з використовуваними речовинами залежить ефективність підготовки води різного призначення.

В наш час важко передбачити поведінку домішок води в процесі її обробки. Такі дані можна отримати, визначивши в результаті технологічного аналізу так звані технологічні властивості води. За допомогою технологічного аналізу встановлюють оптимальні дози реагентів для обробки води, що забезпечують найкращий ефект очищення та економічність процесів; визначають кінетику осадження суспензій, що дозволяє розрахувати обсяг і розміри очисних споруд; підбирають оптимальні швидкості протікання води по різних пристроях; забезпечують вибір з декількох можливих методів корегування показника якості води найбільш ефективного й економічного і т.п.

У практиці водопідготовки широко використовують технологічний аналіз води, що включає пробне коагулювання, хлорування, зм'якшення, знезалізнення, стабілізацію та ін. Технологічний аналіз проводять при тій температурі, при якій передбачається вести процес обробки води у виробничих умовах.

1.3. БАКТЕРІОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВОДИ

У лабораторних умовах обов'язково проводяться різноманітні бактеріологічні аналізи води на очисних станціях. Як правило, визначають в них наявність збудників хвороб, колі-індекс, колі-титр. Відображають вміст і результати аналізів у журналах.

Людина, що здійснює подібний аналіз повинна мати фахову освіту, повинна володіти хімічними і бактеріологічними знаннями в межах роботи, що виконується; знати порядок відбору зразків і правила їх підготовки для досліджень; основні властивості реагентів; лабораторне обладнання та вдало використовувати методи обробки отриманих даних.

2. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Лабораторна робота № 1

Визначення прозорості води

Мета роботи: 1) визначення прозорості води за допомогою запропонованих методів (по „хресту“ або по „ шрифту“);
2) визначення каламутності води шляхом переведу отриманих результатів в інші одиниці виміру, користуючись належними таблицями.

Загальні положення

Прозорість води залежить від кольору води та від її каламутності. Мірою прозорості служить висота водяного стовпа, через який ще можна спостерігати чорний хрест на білій дошці (з нанесеним чорним хрестом в вигляді чорних ліній шириною 1 мм) відповідних розмірів або прочитати шрифт відповідного типу. Прозорість води характеризує наявність в воді завислих та колоїдних речовин.

Визначення прозорості виконується для поверхневих вод на місці забору проби та при оцінці роботи очисних споруд.

Для визначення прозорості води використовують один з двох методів: по „хресту“ або по стандартному шрифту. Визначення прозорості води по „хресту“ проводять при контролі роботи очисних споруд водопроводу та якості води в водопровідній мережі; в інших випадках використовують методику визначення прозорості по „ шрифту“.

Проби для проведення дослідів не можна консервувати! Визначення проводять відразу після забору проби на місці, в крайньому випадку не пізніше ніж через 1 добу. Для того, щоб виконати 1 пробу за методикою по „хресту“ необхідно відібрати 2 л води, для методу по „ шрифту“ – 0,5 л.

Визначення прозорості по „хресту“ (основний метод)

Обладнання та прилади: прилад для визначення прозорості по „хресту“ складається зі скляної трубки діаметром $D = 3\text{см}$, довжиною $l = 350\text{см}$, з ціною поділки в 1 см. Нижній кінець трубки закритий гумовою пробкою, до якої долучено зажим зі спускним отвором. На дні пробки розміщений білий порцеляновий

диск з чорними лініями завширшки 1 мм, які утворюють хрест та чотирма чорними точками діаметром $D = 1\text{мм}$ (по одній в кожній четверті кола). Визначення прозорості проводять при штучному освітленні, для чого використовують електричну лампу 300 Вт, встановлену біля дна трубки.

Хід виконання роботи

Трубку наповнюють досліджуваною водою до повного зникнення хреста. Потім по закінченню видалення бульбашок повітря з води, поступово спускають воду до появи в полі зору чітко видимих точок. Очі спостерігача розташовані при цьому на висоті близько 5 см над кінцем трубки.

Товща шару води в см, яка відповідає моменту видимості точок хреста, характеризує прозорість води по „хресту“.

По закінченню роботи трубку опорожняють, промивають чистою водою. Для приблизного переводу величини переводу прозорості в каламутність використовують таблицю (див. табл. 1.1)

Визначення прозорості води за допомогою шрифту (по Снеллену)

Для цього спочатку визначають висоту водяного стовпа, для якого стандартний шрифт, що знаходиться на дні вимірювального циліндру, стає погано видно.

Обладнання та прилади: вимірювальний циліндр Снеллена (рис. 1.1), який представляє собою скляний циліндр з плоским дном діаметром $D = 2,5 - 3\text{см}$, висотою $h = 30 - 35\text{см}$. Ціна поділки 5 см, шкала градуйована до висоти 30 см від дна циліндра. В нижній частині циліндра є трубка для відведення води з каучуковим зажимом, через яку випускають воду з циліндру для зменшення висоти стовпа рідини.

Хід виконання роботи

Досліджувану воду перед початком експерименту добре взбовтують, а потім наливають в циліндр на висоту, приблизно що відповідає прозорості води. Далі циліндр ставиться над шрифтом так, щоб він знаходився приблизно на відстані 4-х см від дна. Додаючи або відливаючи воду із циліндра, знаходять граничну висоту стовпа води, при якій ще можна читати шрифт.

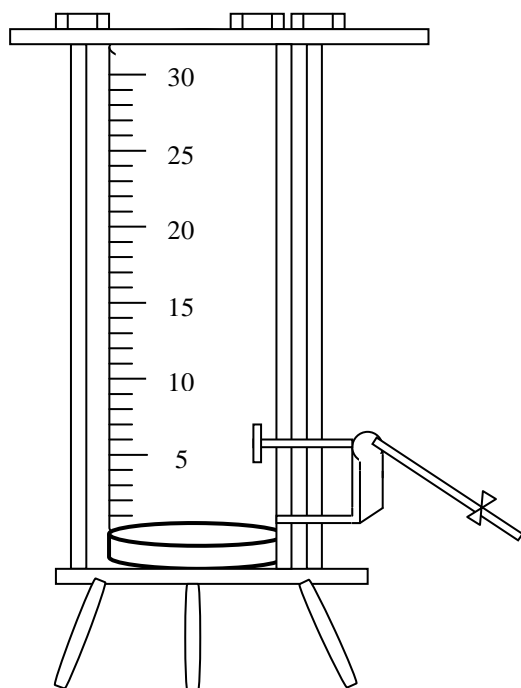


Рис.1.1 – Циліндр Снеллена

Дослід проводиться в добре освітлюваному приміщенні, без попадання прямих сонячних променів, на відстані 1 м від вікна.

По закінченню роботи трубку опорожняють, промивають чистою водою. Прозорість визначають в см висоти стовпа рідини з точністю до 0,5см.

Таблиця 1.1 – Переведення прозорості води по «хресту» в її каламутність

Прозо- рість, см	Кала- мутність, см	Прозо- рість, см	Кала- мутність, см	Прозо- рість, см	Кала- мутність, см	Прозо- рість, см	Кала- мутність, см
3,5	270	29	31,5	65	14,2	116	7,9
4,0	235	30	30,5	66	14,0	118	7,75
4,5	205	31	29,5	67	13,8	120	7,65
5,0	185	32	28,6	69	13,4	122	7,55
5,5	170	33	27,7	70	13,2	124	7,45
6,0	155	34	26,9	71	13,0	126	7,35
6,5	142	35	26,1	72	12,8	128	7,25
7,0	130	36	25,4	73	12,6	130	7,15
7,5	122	37	24,8	74	12,4	132	7,05
8,0	114	38	24,2	75	12,2	134	6,9
8,5	108	39	23,6	76	12,05	136	6,8
9,0	102	40	23,0	77	11,9	138	6,7
9,5	97	41	22,4	78	11,75	140	6,6
10,0	92	42	21,8	79	11,6	145	6,3
10,5	87	43	21,2	80	11,45	150	6,1
11,0	83	44	20,7	81	11,3	155	5,9
11,5	79	45	20,2	82	11,05	160	5,75
12,0	76	46	19,7	83	11,0	165	5,6
12,5	73	47	19,3	84	10,85	170	5,45
13,0	70	48	18,9	85	10,7	175	5,3
13,5	67,5	49	18,5	86	10,35	180	5,15
14,0	65,0	50	18,4	89	10,3	185	5,0
14,5	63,0	51	17,9	90	10,1	190	4,85
15,0	61,0	52	17,6	92	9,9	195	4,75
16	56,4	53	17,3	94	9,7	200	4,6
17	53,1	54	17,0	96	9,5	210	4,4
18	50,4	55	16,7	98	9,3	220	4,2
19	48,0	56	16,4	100	9,1	230	4,0
20	45,5	57	16,1	102	8,9	240	3,85
21	43,3	58	15,8	104	8,7	250	3,7
22	41,4	59	15,5	106	8,5	260	3,55
23	39,6	60	15,2	108	8,3	270	3,45
24	38,0	61	15,0	110	8,2	280	3,3
25	36,5	62	14,8	112	8,1	290	3,2
26	35,1	63	14,6	114	8,0	300	3,1
27	33,8	64	14,4			310	3,0
28	32,6						

Лабораторна робота № 2

Дослідження Na-катіонітового фільтру при пом'якшенні води

Мета роботи: визначення робочої обмінної ємкості Na – катіонітового фільтру, встановлення переміни жорсткості фільтру в ході фільтроциклу, обґрунтування правильності вибору методу пом'якшення води.

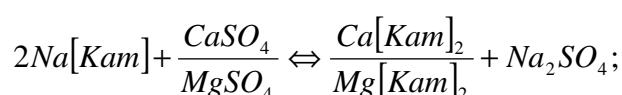
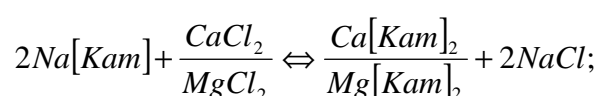
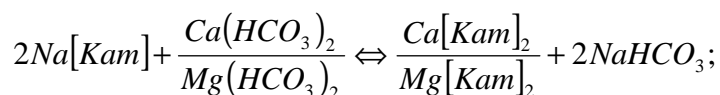
Загальні положення

Зниження жорсткості води методом катіонного обміну засновано на здатності деяких природних чи штучних речовин практично нерозчинних у воді, обмінювати іони Na^+ та H^+ на іони Ca^{2+} і Mg^{2+} , що зумовлюють жорсткість води.

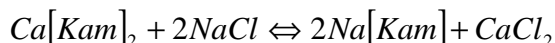
Процес обміну катіонів представляє собою гетерогенну хімічну реакцію, що протікає на поверхні твердої фази катіоніту. Обмін катіонів відбувається в строго еквівалентних співвідношеннях. Швидкості реакцій обміну іонів катіоніту і досягнення повної рівноваги дуже великі. Завдяки цьому припустимі великі швидкості фільтрування жорсткої води через катіоніти (від 10 до 25 м/год в залежності від жорсткості вихідної води).

Пом'якшення води методом катіонного обміну досягається фільтруванням її через шар катіоніту, завантаженого на дренажні ґрати металевого фільтра. При цьому можна розмежувати наступні зони у фільтруючому шарі: верхній шар виснаженого катіоніту, робочий чи захисний шар, у якому відбувається зм'якшення води, і шар що не працює. У момент проскакування іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} у фільтрат, шар катіоніту, що відпрацював необхідно регенерувати розчином повареної солі чи кислоти.

Реакції пом'якшення води, які протікають на поверхні Na – катіонітового фільтру, можуть бути представлені рівняннями



Реакція регенерації катіоніта розчином, хлориду натрію протікає по схемі



Обладнання, прилади та реактиви:

1. Лабораторна установка для зм'якшення води (див. рис.2.1)
2. Секундомір
3. Мірна скляна склянка місткістю 1 л з розподілами
4. Реактиви для визначення жорсткості води по приведеній нижче методиці.

Хід виконання роботи

1. Визначають жорсткість досліджуваної води по приведеній нижче методиці визначення (ДСТ 4151-72).

2. Регулюють швидкість фільтрування води, яка має бути під час дослідження постійною $v = 10 \text{ м/год}$. Для цього відкривають повністю вентиля **4** і **8**, вентилям **6** роблять регулювання швидкості фільтрування (рис. 2.1). Швидкість визначають об'ємним способом. Вимірюють секундоміром час наповнення склянки визначеної ємності, знаючи витрату і поперечну площу фільтру, обчислюють швидкість фільтрування.

3. Закривають вентиль **4** (вентиль **6** залишають без зміни). Надлишок води зливають за допомогою вентиля **8**, залишаючи над катіонітом шар води висотою 1-2 см.

4. Повністю відкривають вентиля **5** і **8**. Через 15 хв від початку дослідження і через кожні 30 хв протягом дослідження відбирають у колби проби пом'якшеної води для визначення жорсткості.

Слід відмітити час початку і кінця дослідження. Початком експерименту вважається час подачі перших порцій вихідної води в катіонітовий фільтр. Кінцем - момент досягнення жорсткості фільтрату, рівної 0,06 – 0,1 мг-екв/дм³ (за завданням викладача).

Результати дослідів заносять у таблицю (див. табл.2.2).

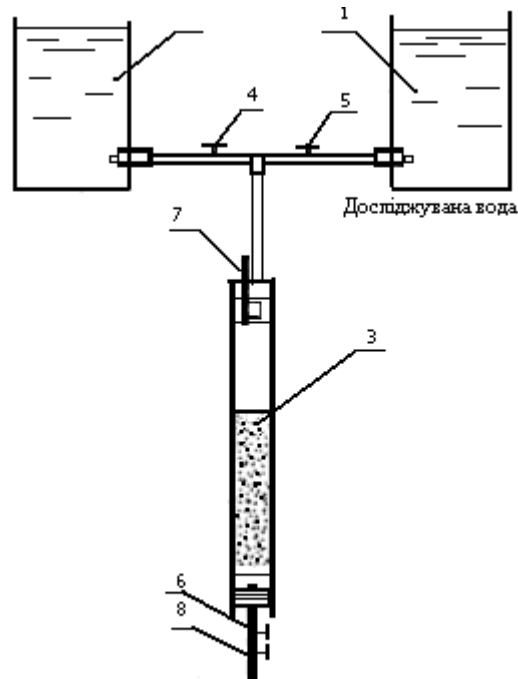


Рис. 2.2 - Лабораторна установка для пом'якшення води:

- 1 – бак з досліджуваною водою;
- 2 – бак з дистильованою водою;
- 3 – Na – катіонітовий фільтр;
- 4 – вентиль для подачі дистильованої води;
- 5 – вентиль для подачі досліджуваної води;
- 6 – вентиль для регулювання швидкості фільтрування;
- 7 – вентиль для випуску повітря з установки;
- 8 – вентиль

Визначення робочої обмінної ємкості катіоніта

1. Визначають обсяг вихідної води W , $м^3$, яка пройшла через катіонітовий фільтр протягом дослідів

$$W = Q \cdot t, \quad (2.1)$$

де Q – витрата води, яка проходить через фільтр, $м^3/год$;

t – час проведення дослідів, $год$;

2. Обчислюють робочу обмінну ємність катіоніту, $г-екв/м^3$

$$E_{\text{раб}} = \frac{Ж_0 \cdot W}{W_{\text{кка}}}, \quad (2.2)$$

де $Ж_0$ – жорсткість вихідної води, мг-екв/дм³;

$W_{\text{кат}}$ – обсяг катіоніта завантаженого у фільтр, дм³.

Визначення загальної жорсткості води

Загальна жорсткість питних, підземних і поверхневих вод, відповідно до ДСТ 4151-72, визначається комплексометричним методом. Суть методу полягає в зв'язуванні іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} в комплексні сполуки, що супроводжується зміною кольору індикатора.

Прилади, посуд, обладнання

1. Розчин комплексона III (трілон Б, двузаміщена натрієва сіль чотирьохосновний етілендіамітетрауксусної кислоти) з молярною концентрацією 0,025 моль/дм³: 18,6 дм³ комплексона III ч.д.а. розчиняють у дистильованій воді і доводять обсяг до 1 дм³.
2. Буферний розчин.
3. Розчин еріохрому чорного T
4. Колби конічні на 250 мл
5. Піпетки на 5 і 100 мл
6. Бюретки на 25 мл з краником.
7. рН - метр зі скляним електродом і „електродом порівняння”

Хід виконання роботи

До 100 мл проби додають 5 мл буферного розчину. Після перемішування пробу титрують розчином комплексона III в присутності індикатора до переходу червоно-фіолетового фарбування в синю.

Обробка результатів дослідів

Загальну жорсткість X , мг-екв/дм³, визначають за формулою

$$X = \frac{V_1 \cdot K \cdot 100}{V}, \quad (2.3)$$

де V_1 – обсяг витраченого комплексона Ш, мл;

K – коефіцієнт для приведення концентрації розчину комплексона Ш до молярної концентрації, 0,025;

V – обсяг проби, мл.

Результати округляють за таблицею:

Таблиця 2.1

Діапазон концентрацій, мг-екв/дм ³	0,05–1	1–2	2–5	5–10
Округлення результатів, мг-екв/дм ³	0,02	0,05	0,1	0,2

Примітка. Надкислотні чи надлужні проби перед дослідженням нейтралізують. Титрування повинне продовжуватися не більш 5 хв.

В ході виконання лабораторної роботи заповнюють таблицю:

Таблиця 2.2.

Час початку і кінця дослідження	Тривалість фільтроцикла, t , год	Витрата води, Q , м ³ /год	Швидкість фільтрування, м/год	Обсяг катіоніту в фільтрі, $W_{\text{кат}}$, м ³	Жорсткість вихідної води, J_0 , мг-екв/дм ³	Жорсткість фільтрату, мг-екв/дм ³			Робоча обмінна ємність катіоніту, $E_{\text{роб}}$, г-екв/дм ³	Паспортна обмінна ємність катіоніту, г-екв/дм ³
						Через 15 хв послуху початку дослідження	Через 45 хв послуху початку дослідження	Через 75 хв послуху початку дослідження		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Лабораторна робота № 3

Визначення деяких органолептичних показників якості води

Мета роботи: навчитись визначати основні органолептичні показники води призначеної для господарсько-питного використання.

Загальні положення

Якість води в природному джерелі і водопроводі після очищення визначається по аналізу, при цьому проба повинна дійсно відображати дійсний середній склад води. Для повного аналізу (табл. 3.1) беруть 3-4 л води, для скороченого аналізу – 1 л.

Таблиця 3.1 – Форма повного аналізу води джерела водопостачання

Визначення	Розмірність	Позначення
<i>1. Загальні відомості</i>		
Пункт водопостачання		
Тип і назва джерела		
Місце забору проби води		
Дата відбору проби води		
Дата початку аналізу		
<i>2. Фізичні властивості води</i>		
Кольоровість	<i>град ПКШ</i>	
Прозорість	<i>см</i>	
Осад	<i>мг/дм³</i>	
Запах	<i>балів</i>	
Присмак	<i>балів</i>	
Температура (при заборі води)	<i>°C</i>	
Завислі речовини при 110 °C	<i>мг/дм³</i>	
Завислі речовини після прокалювання	<i>мг/дм³</i>	
<i>3. Хімічні властивості води</i>		
Реакція		<i>pH</i>
Сухий залишок при 150 °C	<i>мг/дм³</i>	
Мінеральний залишок	<i>мг/дм³</i>	
Втрати при прокалюванні	<i>мг/дм³</i>	
Оксид кальцію	<i>мг/дм³</i>	<i>CaO</i>
Оксид магнію	<i>мг/дм³</i>	<i>MgO</i>
Ангідрид сірчаної кислоти	<i>мг/дм³</i>	<i>SO₃</i>
Хлор-іон	<i>мг/дм³</i>	<i>Cl⁻</i>
Ангідрид азотної кислоти	<i>мг/дм³</i>	<i>N₂O₅</i>
Ангідрид азотистої кислоти	<i>мг/дм³</i>	<i>N₂O₃</i>
Аміак	<i>мг/дм³</i>	<i>NH₃</i>

Сірководень	мг/дм ³	H ₂ S
Кисень	мг/дм ³	O ₂
Вуглекислота: вільна	мг/дм ³	CO ₂
бікарбонатна	мг/дм ³	CO ₂
Оксид заліза і алюмінію	мг/дм ³	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃
Залізо	мг/дм ³	Fe
Кремній кислота	мг/дм ³	SiO ₂
Окислюваність	мг/дм ³ O ₂	
Лужність	мг-екв/дм ³	Л
Гумати	град	Гу ^о
Жорсткість: загальна	мг-екв/дм ³	Ж _о
постійна (некарбонатна)	мг-екв/дм ³	Ж _н
тимчасова (карбонатна)	мг-екв/дм ³	Ж _к
кальцієва	мг/дм ³	Ж _{Ca}
магнієва	мг/дм ³	Ж _{Mg}
Катіони: K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Fe ²⁺	мг, мг-екв	
Аніони: Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , HCO ₃ ⁻ , SiO ₃ ²⁻	мг, мг-екв	

Вода, що використовується для господарсько-питного призначення, повинна мати високі органолептичні показники (відсутність пофарбування, присмаків і запахів, шкідливих мінеральних і органічних домішків та ін.)

Хід виконання роботи

1. Визначення запаху

Характер та інтенсивність запаху води визначають органолептично. Запахи води по характеру розподіляють на 2 групи:

1) запахи природного походження (від живих і відмерших в воді організмів, від впливу берегів, дна, навколишнього ґрунту, зрубу колодязя і т.д.);

2) запахи синтетичного походження (від промислових стічних вод, від обробки води реагентами на водопроводі і т.д.)

Визначення запаху по характеру: досліджувану воду, яку довели до $t = 15 - 20^{\circ}\text{C}$, наливають в колбу ємкістю 150-200 мл з широким горлом на 2/3 об'єму, накривають годинниковим склом, струшують обертальними рухами в закритому стані, відкривають, втягують носом повітря із колби і дають визначення запахам I-ої групи по класифікації, приведеній в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Символ	Характер запаху	Приблизний вид запаху
А	Ароматичний	Квітковий, огірковий
Б	Болотний	Муловий, баговинний
Г	Гнилісний	Фекальний, стічний
Д	Деревинний	Запах мокрих трісок, дерев'яної кори
З	Землянистий	Прілий, свіжої зораної землі, грилуватий
Ц	Цвілуватий	Затхлий, застійний
Р	Рибний	Рибного жиру, риби
С	Сірководневий	Тухлих яєць
Т	Трав'янистий	Скошеної трави, сіна

Запахи II-ої групи називають по відповідним сполукам: фенольний, хлорфенольний, бензиновий, хлорний і т.д.

Оцінка інтенсивності запаху: для оцінки інтенсивності запаху виконується така ж процедура, як і по характеру запаху. Далі оцінюють по табл. 3.3.

Бальні оцінки запаху виконують (по вибору викладача):

- 1) при температурі $t = 15 - 20^{\circ}\text{C}$,
- 2) при нагріванні до температури $t = 60^{\circ}\text{C}$.

Нагрівання проводиться в тій же колбі, закритій годинниковим склом.

Таблиця 3.3

Бал	Інтенсивність	Опис визначення
0	Ніякого	Відсутність відчутного запаху
1	Дуже слабкий	Запах не піддається виявленню споживачем, але виявляється в лабораторії досвідченим професіоналом
2	Слабкий	Запах, не приваблюючий уваги споживача, але такий, що можна замітити, якщо звернути увагу на нього
3	Помітний	Запах, що легко виявити і може дати привід відноситися в до води з неповагою
4	Виразний	Запах, що звертає на себе увагу та робить воду непривабливою для пиття
5	Дуже сильний	Запах настільки сильний, що робить воду непридатною для споживання

Прилади, посуд, обладнання

1. колба 200 мл,
2. горілка для нагрівання води.

2. Визначення смаку та присмаку

Смак та присмак води визначають органолептично по якості та інтенсивності. Розрізняють 4 види смаку:

- солоний,
- гіркий,
- солодкий,
- кислий.

Всі інші види смакові відчуття називаються *присмаками*.

Смак та присмак визначають в сирій воді.

Визначення смаку та присмаку: Приблизно 15 мл води набирають в рот, тримають в роті декілька секунд (ковтати її не треба).

Якісна характеристика присмаку визначається по таким ознаках: хлорний, рибний, металевий і т.п.

Інтенсивність смаку та присмаку визначають по тій же п'ятибальній шкалі, що і запах.

3. Визначення кольоровості

Кількісно кольоровість води визначають шляхом порівняння зі шкалою, що імітує пофарбування води. В якості основного стандарту розчину використовують платиново-кобальтову шкалу. При відсутності платини та хлороплатинату калію шкала кольоровості може бути виготовлена слідуючим способом.

Готують 2 розчини (розчини готуються в лабораторії до початку лабораторної роботи лаборантами):

№1 (основний розчин): розчиняють окремо в дистильованій воді 0,0875 г двоокисного калію і 2,0 г сірчаного кобальту, змішують обидва розчини, додають 1 мл сірчаної кислоти х.ч., доводять дистильованою водою до 1 л. Цей розчин відповідає кольоровості 500 град.

№2 – 1 мл х.ч. сірчаної кислоти доводять дистильованою водою до 1 л.

Змішуючи розчини №1 і №2 в співвідношеннях, приведених в табл. 3.4, отримують шкалу кольоровості.

Таблиця 3.4

Розчин №1, мл	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16
Розчин №2, мл	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	86	84
Градуси кольоровості	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80

Визначення кольоровості: в циліндр Несслера наливають 100 мл досліджуваної води і, дивлячись зверху на білому фоні, відшукують ту шкалу, з якою пофарбування досліджуваної води є ідентичним. Виражають кольоровість в *град* ПКШ. Кольоровість від 1 до 50 *град* визначається з точністю до 2 *град*, від 51 до 100 *град* – до 5 *град*.

Прилади, посуд, обладнання

1. шкала кольоровості,
2. циліндр Несслера.

Лабораторна робота № 4

Визначення оптимальної дози хлору при підготовці води господарсько-питного призначення

Мета роботи: визначити оптимальну дозу хлору при обробці природних вод з метою підготовки її для господарсько-питного призначення.

Загальні положення

З метою видалення з природної води різного роду патогенних та подібного роду мікроорганізмів, що нормуються державними документами, проводиться її обеззараження. Для цього використовуються сильні окислювачі типу хлор, озон та ін. або сумісна обробка УФ з хлорпохідними чи ін.

Найбільш поширеним методом обробки є хлорування води, що приводить до загибелі клітин бактерій. Для того, щоб порівняти знезаражувальну дію того

чи іншого реагенту використовують поняття *активний хлор* – це кількість газоподібного хлору, еквівалентного кількості кисню, що виділяється хлорпохідною речовиною при введенні її в воду.

При додаванні в воду хлор-газ гідролізується з утворенням хлорноватистої та соляної кислот, які потім можуть дисоціювати повністю або частково



Вільний активний хлор – це сума концентрацій форм хлору, мг/дм^3 , $(\text{Cl}_2 + \text{OCl}^- + \text{HOCl})$. Співвідношення між переокисленими формами активного хлору визначається величиною рН води, при підвищенні рН рівновага реакції зміщується вправо, при рН=6-9 в основному присутні HOCl^- та OCl^- .

Дозу хлорпохідного реагенту вибирають так, щоб після окислення всіх небажаних домішок в воді зосталась залишкова кількість хлору для запобігання повторного бактеріального забруднення води під час перебування її в водопровідній мережі. Згідно ГОСТу 2874-82 «Вода питна»: кількість залишкового хлору після 30-хв контакту повинно становити 0,3 – 0,5 мг/дм^3 .

Дати оцінку вмісту в воді органічних з'єднань, легко осідаючих мінеральних речовин можна за допомогою кривої хлор поглинання води. Вона відображає залежність між дозою хлору та залишковим вмістом хлору в воді через 30 хв після його вводу. Характерний вид кривої приведено на рис. 4.1.

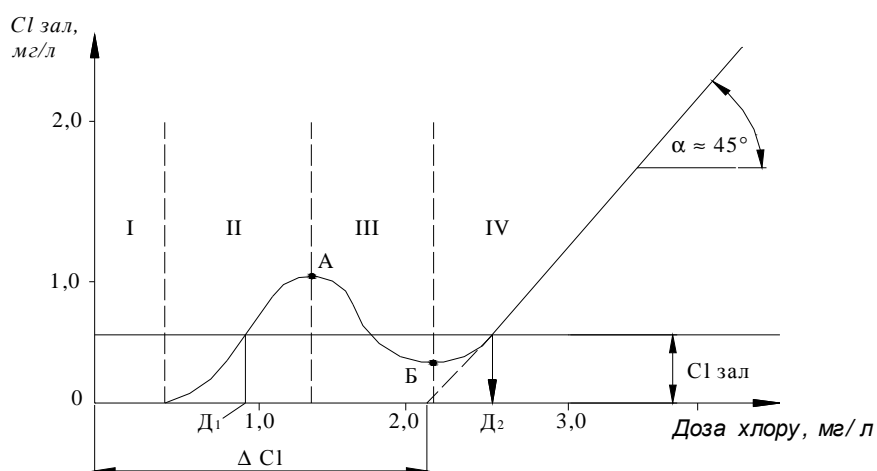


Рис. 4.1 – Крива хлор поглинання води:
 ΔCl - хлор поглинання води, мг/дм^3 .

Умовно криву розбивають на чотири зони:

I – малі дози хлору, залишковий хлор в воді через 30 хв в воді не знаходять. Весь хлор, що додається, використовується на окислення легко осідаючих забруднень;

II – зона утворення органічних речовин, хлорамінів та подібних з'єднань. *m. A* на кривій – максимум кривої, відповідає зв'язуванню всіх з'єднань в речовини;

III – зона розкладення речовин до не бактерицидних з'єднань хлору. *m. B* – точка перелому кривої, мінімум на кривій, відповідає повному розрушенню речовин;

IV – зона вільного активного хлору. В цій зоні залежність між дозою хлору та залишковим хлором зазвичай є пряма лінія, кут нахилу приблизно 45° . Проводиться горизонтальна лінія, яка відповідає залишковому хлору, можна знайти необхідні дози хлору D_1 та D_2 , серед них треба вибрати розрахункову дозу хлору. Якщо *m. A* не піднімається вище $0,8 \text{ мг/дм}^3$, то хлорувати воду треба дозами за точкою перелому, тобто D_2 .

Хід виконання роботи

10 конічних колб заповнюють досліджуваною водою по 100 см^3 . В кожну колбу додають хлорировану воду з концентрацією хлору $0,1 \text{ мг/см}^3$ в такій кількості (див. табл. 4.1), закривають щільно гумовою пробкою. Перемішують, фіксують час початку досліду і залишають на 30 хв.

Таблиця 4.1

Номер колби	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Об'єм хлорної води, см^3	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0	3,0	5,0	7,0	10,0
Доза хлору, що міститься в цьому об'ємі, мг/дм^3	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0	3,0	5,0	7,0	10,0

Після 30 хв. контакту визначають залишковий хлор:

- додають в колбу 5 см^3 буферного розчину;
- 5 см^3 5%-го розчину йодиду калію;
- 1 см^3 2%-го розчину крохмалю.

Якщо в досліджуваній воді міститься активний хлор, то вода змінює свій колір на синій.



Вільний йод надає крохмалю синього кольору. Потім вільний йод титрують 0,005 *n* розчином тіосульфату натрію до повного зникнення кольору розчину (весь йод зв'язується тіосульфатом натрію):



Прилади, посуд, обладнання

1. 10 плоскодонних конічних колб об'ємом 250 см³ з гумовими пробками
2. буферний розчин
3. 5%-ий розчин йодиду калію
4. 2%-ий розчин крохмалю
5. 0,005 *n* розчин тіосульфату натрію

Обробка результатів дослідів

Вміст активного хлору обчислюють за формулою

$$X = \frac{1000V_1NE}{V}, \quad (4.3)$$

де V_1 - об'єм розчину тіосульфату натрію, що використали для титрування, см³;

N - нормальність розчину тіосульфату натрію;

E - еквівалентна маса хлору (35,5);

V - об'єм досліджуваної води, см³.

В ході виконання лабораторної роботи заповнюють таблицю.

Таблиця 4.2

Номер колби	Доза введенного хлору, мг/дм ³	Об'єм тіосульфату натрію, що використали для титрування, см ³	Вміст активного хлору, мг/дм ³
1	2	3	4

Далі будують графік залежності введенної дози хлору від залишкового хлору. Визначають дозу введенного хлору, що дає змогу забезпечити концентрацію залишкового хлору в воді 0,5 мг/дм³.

Лабораторна робота № 5

Розрахунок гранулометричних характеристик завислих речовин по кривій осаджуваності

Мета роботи: навчитись розраховувати фракційний склад завислих речовин по гідравлічній крупності, найбільше вірогідну гідравлічну крупність часточок завислих речовин в пробі води.

Загальні положення

Седиментаційна крива може бути побудована в координатах $P-t$, де P - процент завислих речовин, що випали в осад до моменту t (рис. 5.1).

Дотична, проведена до кривої осадження в будь-якій точці з абсцисою t_i , відсікає на осі P відрізок P_i . Величина P_i відповідає процентному вмісту в суміші часточок з гідравлічною крупністю $U_{oi} > \frac{H}{t_i}$, де H – глибина товщі води (в момент t_i випадуть всі часточки з гідравлічною крупністю, більшою ніж $\frac{H}{t_i}$).

Якщо провести декілька дотичних в різних точках кривої, можна отримати фракційний склад завислих речовин (часточки з гідравлічною крупністю

$$\frac{H}{t_i} > U_{oi} > \frac{H}{t_{i+1}} \text{ міститься } P_{i+1} - P_i, \%).$$

Максимальна гідравлічна крупність часточок завислих речовин визначається $U_{o\max} = \frac{H}{t_o}$, де t_o - абсциса точки розбіжності кривої і дотичної до неї в точці початку координат (див. рис. 5.1).

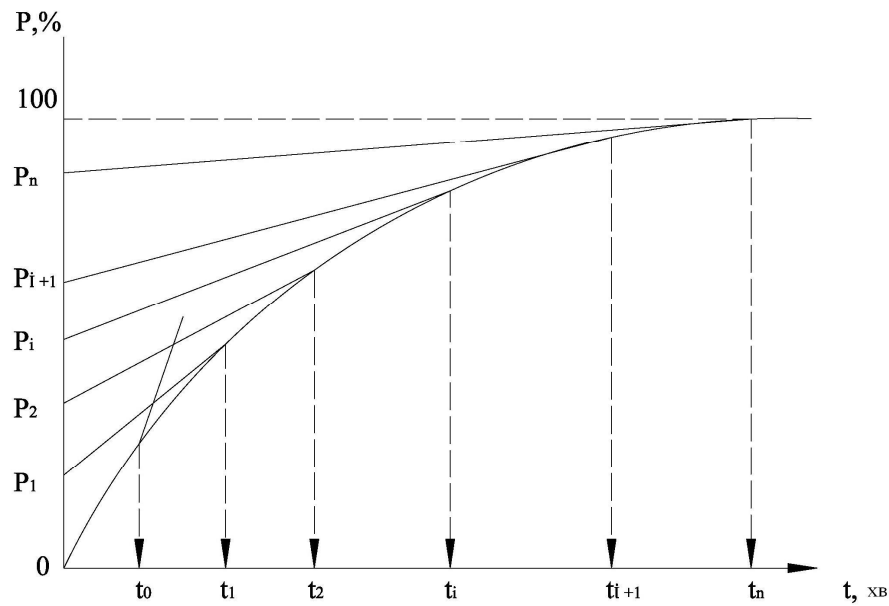


Рис. 5.1 – Крива осадження

По даних фракційного складу будується інтегральна крива розподілу часточок завислих речовин по гідравлічній крупності в координатах $P - U_o$ (рис. 5.2). Побудову графіку починають з самих дрібних часточок, тобто з точки $(\frac{H}{t_n}, 100 - P_n)$ і далі по наростаючій; ордината останньої точки має бути 100%.

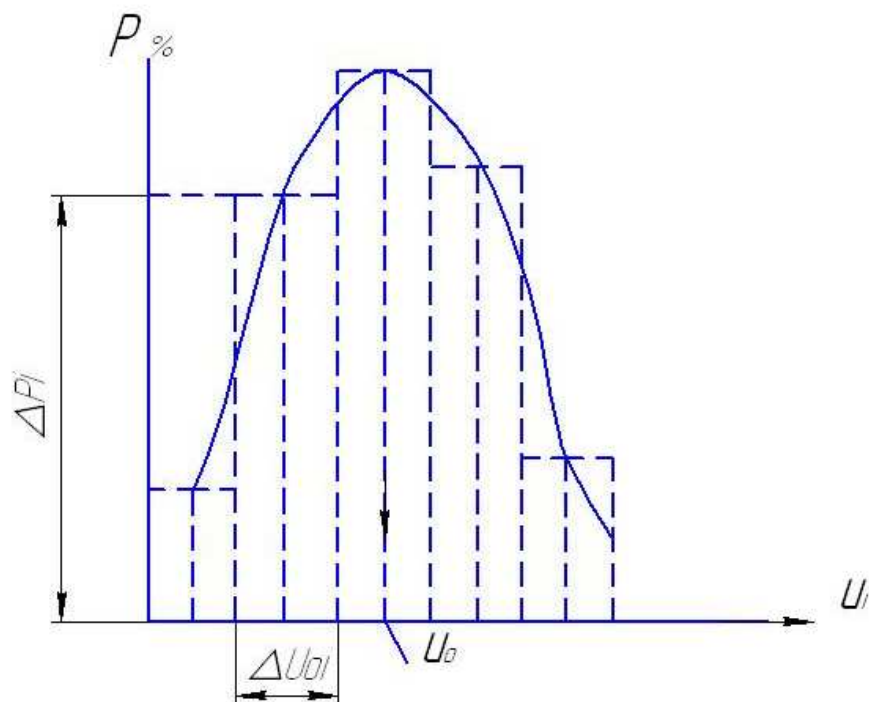


Рис. 5.2 – Інтегральна крива розподілу часточок завислих речовин по гідравлічній крупності в координатах $P - U_o$

Вісь U_o графіка $P = f(U_o)$ розбивається на однакові відрізки, і для кожного інтервалу ΔU_{oi} визначається відповідне значення ΔP_i .

На кінець будується диференційна крива розподілення часточок завислих речовин по крупності в координатах $\Delta P - U_o$ (рис. 5.3). По максимальному значенні диференційної кривої визначається найбільше вірогідна гідравлічна крупність часточок $U_{онв}$.

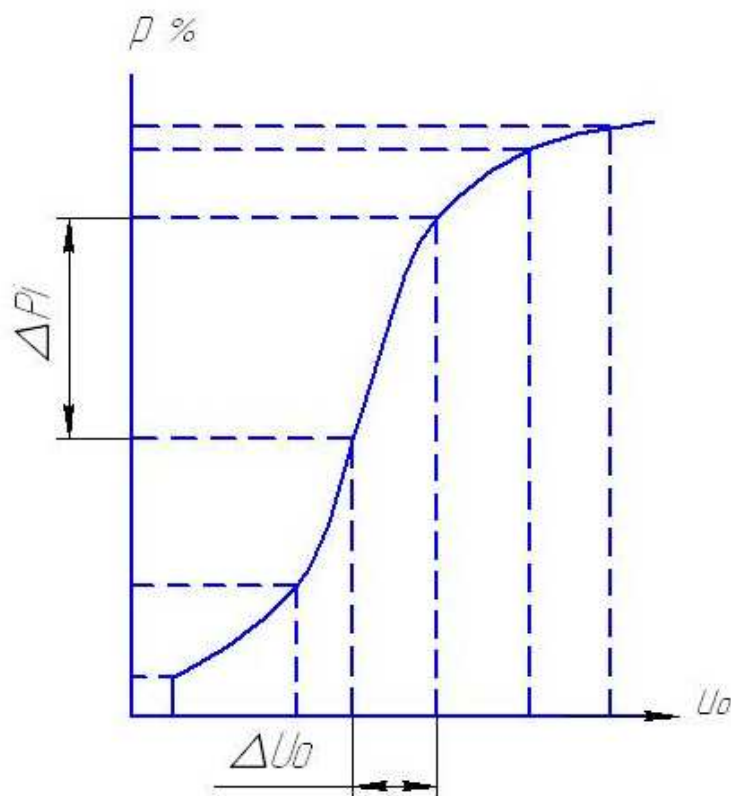


Рис. 5.3 – Диференційна крива розподілу часточок завислих речовин по гідравлічній крупності в координатах $\Delta P - U_o$

Прилади, посуд, обладнання

1. торсійні терези,
2. мірний циліндр на 1 л,
3. вимірювальна лінійка,
4. секундомір або годинник,
5. проба досліджуваної води 1 л.

Хід роботи

1. Налити в мірний циліндр 0,5-1 л дистильованої води, визначивши таким чином масу чаші терезів (m_o , мг).
2. Ретельно перемішати пробу досліджуваної води і налити в мірний циліндр.
3. Опустити в циліндр чашу терезів на глибину не менше 20-25 см таким чином, щоб вона не торкалась його стінок.
4. Включити секундомір і записувати показники терезів через 0, 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30 хв (m_1', m_2', \dots, m_n').
5. Замінити висоту стовпа води над чашою терезів H , мм.
6. Розрахувати масу осаду за всіма вимірами

$$m_i = m_i' - m_o.$$

Результати замірів занести до табл. 5.1

Таблиця 5.1 – Дані для побудови кривої осадження

Показник	Значення показника через t , хв							
	1	3	5	10	15	20	30	45
Показання терезів m_i' , мг								
Маса осаду m_i , мг								
Швидкість осадження U , мм/с								

7. Побудувати криву осадження в координатах $m - t$, потім перевести шкалу t в шкалу

U (швидкості осадження $U = \frac{H}{t}$, мм/с) і нанести цю шкалу нижче вісі $O - t$.

8. По даних табл. 5.1 визначити процент завислих речовин, що осіли (ефект осадження)

$$P_i = \frac{m_i \cdot 100}{m_k}, \% \text{ для інтервалів часу } t_i.$$

9. Побудувати графік залежності $P = f(t)$. Рекомендований масштаб по осі t : 10 хв – 3 см; по осі P : 10% - 1 см.
10. Розбити криву на 5-8 відрізків, провести дотичні в точках розділення і точці початку координат, визначити замірами значення ΔP_i . Розрахувати фракційний склад завислих речовин, розрахунки помістити в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок показників фракційного складу завислих речовин

Показник	Номер заміру							
Час заміру t_i , хв	1	2	3	4	5	6	7	8
Гідравлічна крупність $U_{oi} = \frac{H}{t_i}$, мм/с								
Відсікаючий відрізок P_i , %								
Процентний вміст фракції $P_{i+1} - P_i$, %								

Примітка: 1) Столпчики рядків P_i в таблиці зміщені відносно столпчиків рядків t_i, U_{oi} так, щоб значення процентного вмісту знаходилося нижче і посередині між значеннями U_{oi} .

2) Перше значення процентного вмісту $P_i - 0$ виражає кількість часточок з гідравлічною

крупністю менше, ніж $U_{oi} = \frac{H}{t_i}$.

3) Проміжні значення процентного вмісту характеризують кількість часточок з гідравлічною крупністю в межах, значення яких вказані в сусідніх столпчиках рядка U_{oi} . Наприклад, часточок з гідравлічною крупністю в межах від U_{03} до U_{04} знаходиться $P_4 - P_3$, %.

4) Останнє значення процентного вмісту показує, скільки знаходиться часточок з крупністю, меншою, ніж U_{on} , і дорівнює $100 - P_n$, %.

5 Сума значень по 4-му рядку має бути 100%.

11. Визначити максимальну гідравлічну крупність часточок завислих речовин полідисперсної суспензії

$$U_{o\max} = \frac{H}{t_o} = \dots, \text{мм/с.}$$

12. Побудувати інтегральну криву розподілення часточок завислих речовин по даних табл. 5.2, починаючи з останніх колонок, по наростаючій підсумовуючи.

13. Розбити вісь $0 - U_o$ інтегральної кривої на 6-9 однакових відрізків, визначити ΔP_i .

14. Побудувати диференціальну криву $\Delta P = f(U_o)$, визначити найбільше вірогідну гідравлічну крупність часточок завислих речовин.

Лабораторна робота № 6

Технологічне моделювання процесу осадження зкоагульованих домішків

Мета роботи: навчитися використовувати методику пробного відстоювання води в лабораторних умовах для того, щоб мати можливість встановлювати параметри відстійників на очисних спорудах.

Загальні положення

Основний параметр роботи відстійника – це час перебування в них води для того, щоб отримати відповідний ефект прояснення. Знаючи цю величину та витрату оброблюваної води, можна визначити об'єм відстійника, його довжину.

Методика пробного відстоювання основана на умовах седиментації

$$\frac{t_1}{h_1} = \frac{t_2}{h_2} = \dots = \frac{t_i}{h_i} = \text{const},$$

де t_1, t_2, \dots, t_i - час відстоювання;

h_1, h_2, \dots, h_i - висота (глибина) відстійника.

Якщо замість h_1 прийняти висоту лабораторного циліндру h_u , а замість h_2 - глибину зони освітлення відстійника $h_{роб}$, то маємо

$$\frac{t_u}{h_u} = \frac{t_{роб}}{h_{роб}}, \text{ звідки } t_{роб} = t_u \cdot \frac{h_{роб}}{h_u}. \quad (6.1)$$

Час відстоювання для того, щоб отримати необхідний ефект прояснення в лабораторному циліндрі t_u визначається побудуванням кривої осадження. Глибина зони прояснення зазвичай приймається 3 - 3,5 м.

Залежність (6.1) спрацьовує для сталих завислих речовин. Для нестійких скоагульованих завислих речовин (крупні, легко осідаючі пластівці, при русі вниз злипаються з невеликими, повільно осідаючими, захоплюють їх), швидкість прояснення збільшується, час відстоювання помітно зменшується. За таких умов залежність (6.1) дещо змінюється

$$t_{роб} = t_{ц} \cdot \left(\frac{h_{роб}}{h_{ц}} \right)^n, \quad (6.2)$$

де $n = 0,2 - 0,5$ (залежно від степені агломерації завислих речовин).

Побудова седиментаційної кривої

Седиментаційна крива будується в координатах: маса осаду – час. Для монодисперсних завислих речовин це буде прямий відрізок, а для полідисперсних – крива, що наближається до деякої прямої, що проходить паралельно осі часу.

Седиментаційний аналіз проводиться за допомогою торсійних терезів (рис. 6.1). Перед початком вимірювань проводиться настройка терезів. Для цього виставляють терези на рівень: переміщаючи закріплюючий ричав звільняють коромисло **9** та за допомогою ричала напруги **6** установлюють показник маси **8** на нуль. Потім тарировочною головкою **12** суміщають показник рівноваги з рискою рівноваги.

Увага! 1) При вимірюванні кожний раз звільняють коромисло закріплюючим ричагом стрілки терезів (аретиром), а потім суміщають показник рівноваги з половою;

2) після кожного виміру стрілку терезів закріплюють аретиром **4**.

Прилади, посуд, обладнання

1. 1%-ий розчин сульфату алюмінію – 0,5 л,
2. піпетки на 1-5 мл,
3. торсійні терези,
4. фотоелектроколориметр ФЕК-60,
5. вимірювальна лінійка за 30 см,
6. проба досліджуваної води 1 л.

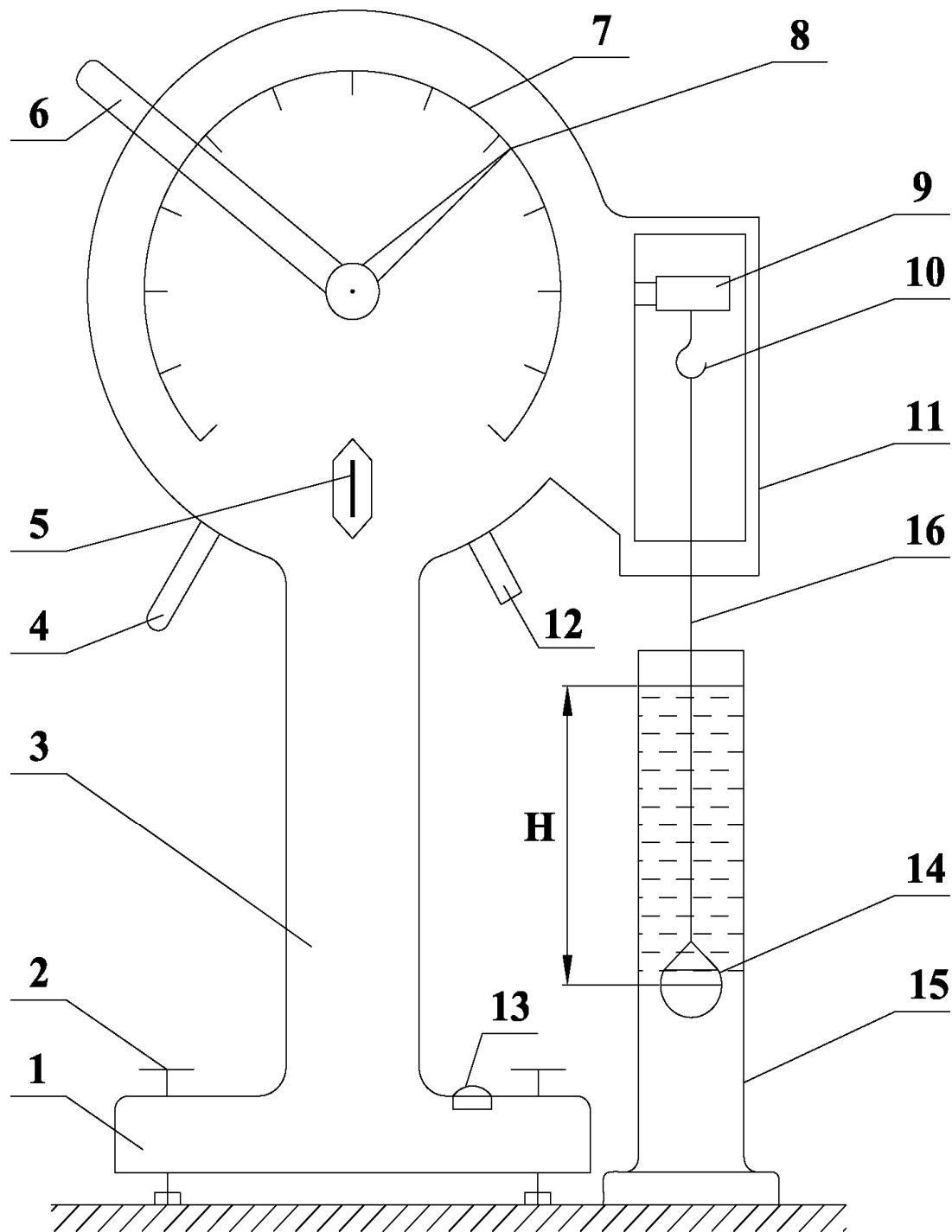


Рис.6.1 – Торсійні терези для вивчення кінетики відстоювання:

1 – тринога; 2 – опорні винти; 3 – опора; 4 – закріплюючий ричав стрілки терезів (аретир); 5 - показник рівноваги; 6 – ричав натягу; 7 – шкала; 8 - показник маси; 9 – коромисло; 10 – крюк; 11 – футляр; 12 – тарировочна головка; 13 – рівень; 14 – чаша; 15 – мірний циліндр; 16 – шовкова (капронова) нитка.

Хід роботи

1. На фотокалориметрі визначається каламутність досліджуваної води $M_{\text{поч}}, \text{мг/дм}^3$.

2. По табл.16 СНіП 2.04.02-84 визначити орієнтовно дозу коагулянту $D_{\kappa}, \text{мг/дм}^3$.

3. Розрахувати кількість 1%-го розчину коагулянту для обробки 1 дм^3 води, дм^3 ,

$$W_k = \frac{D_{\kappa}}{10}. \quad (6.3)$$

4. Змішати досліджувану воду з розчином коагулянту в лабораторному циліндрі, повільно перемішати, таким чином досягти достатнього пластівцеутворення за 15 – 20 хв.

5. Помістити чашечку торсійних терезів в циліндр на глибину 30 см від рівня води, виміряти глибину точно $h_{\text{ц}}$, потім провести дослід по визначенню осадження зкоагульованих домішок. Результати дослідів занести до табл.6.1.

Таблиця 6.1 – результати дослідів по вивченню осадження зкоагульованих завислих речовин

Показник	Значення показника на момент t_i , хв							
	1	3	5	10	15	20	30	45
Показання терезів, мг/дм^3								
Маса осаду, m_i , мг/дм^3								
Ефект осадження $P = \frac{m_i \cdot 100}{m_{\kappa}}, \%$								

6. По результатах дослідів побудувати криву осадження в координатах $P - t$.

7. Знайти необхідний ефект освітлення, %

$$E = \frac{(K_{\text{поч}} - K_{\text{осв}}) \cdot 100}{K_{\text{поч}}}, \quad (6.4)$$

де $K_{\text{поч}}$ - каламутність оброблюваної води, мг/дм^3 ;

$K_{\text{осв}}$ - каламутність освітленої води, мг/дм^3 (рекомендується взяти 20 – 50 мг/дм^3).

8. По кривій осадження визначити час відстоювання води до досягнення необхідного ефекту освітлення t_n .

9. По формулі (6.2) визначити час перебування води в відстійниках $t_{роб}$, з урахуванням того, що $h_{роб}=300\text{ см}$, $n = 0,5$.

10. Результати роботи занести до табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Результати технологічного моделювання процесу осадження

Показник	Одиниця вимірювання	Умовне позначення	Метод визначення	Розрахунок показника	Величина
Каламутність оброблюваної води	м^3	$K_{поч}$	ФЕК-58		
Доза коагулянту	мг/дм^3	D_k	Табл.16 СніП		
Об'єм коагулянту	дм^3	W_k	Формула 6.3		
Глибина лабораторного відстійника	см	h_b	Лінійкою		
Необхідний ефект освітлення	%	E	Формула 6.4		
Час лабораторного відстоювання	хв	t_n	По кривій осадження		
Час перебування води в відстійнику	хв	$t_{роб}$	Формула 6.2		

Лабораторна робота № 7

Визначення фільтрувальності води

Мета роботи: навчитись визначати і регулювати один з найважливіших процесів очищення води – фільтрувальності води.

Загальні положення

Фільтрувальність води представляє собою умовний технологічний показник, який характеризує кількісний та якісний вміст завислих речовин у воді.

Кількість завислих речовин можна визначити при аналізі води (див. лабораторну роботу №5). Проте, окрім кількості завислих речовин на тривалість фільтроциклу надто впливає і якісний склад завислих речовин:

- 1) дисперсність,
- 2) стискальність,
- 3) липкість.

Саме цим параметрам можна дати оцінку при визначенні фільтрувальності води.

Фільтрувальність – це співвідношення тривалості фільтрування 100 *мл* дистильованої води через щільний паперовий фільтр до тривалості фільтрування через той же фільтр 100 *мл* досліджуваної води:

$$\Phi = \frac{T_{\text{досл}}}{T_{\text{дист}}}, \quad (7.1)$$

де Φ – фільтруємість води;

$T_{\text{дист}}$ – тривалість фільтрування 100 *мл* дистильованої води через щільний паперовий фільтр, *с*;

$T_{\text{досл}}$ – теж, для 100 *мл* досліджуваної води, *с*.

Зазвичай проводять 10 дослідів і беруть середнє значення. Для фільтрування слід застосовувати щільний фільтр діаметром 25 *мм* при $t = 18^{\circ}\text{C}$ і розрідженні 0,0165 МПа.

Чим більше фільтрувальність води, тим легше вода буде фільтруватись на швидких фільтрах і тим більше тривалість фільтроциклу. В ідеальному випадку $\Phi=1$. В цьому випадку завислі речовини практично відсутні.

Лабораторна установка приведена на рис.7.1.

Прилади, посуд, обладнання

1. мірні циліндри по 100 *мл* – 2 шт.,
2. колба Бунзена;
3. лійка Бюхнера,
4. водострумний насос,
5. мано вакуумметр,
6. секундомір.

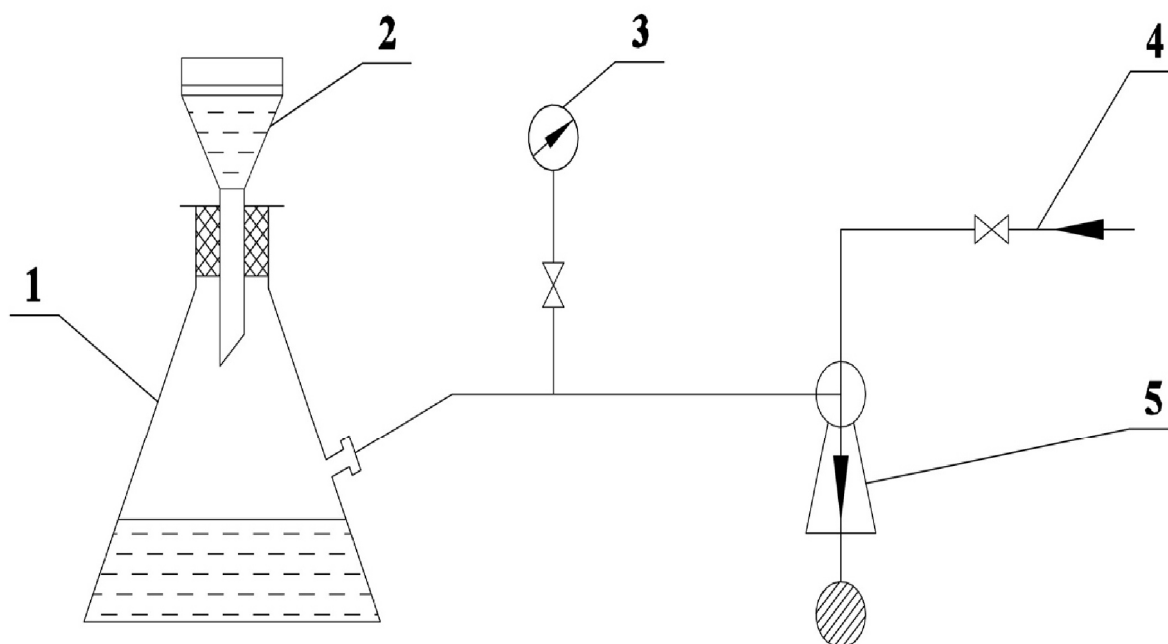


Рис. 7.1 – Схема установки для визначення фільтрує мості води:

1 – колба Бунзена; **2** – лійка Бюхнера; **3** – манометр вакуумметр; **4** – трубопровід господарсько-питної води; **5** – водострумний насос.

Хід роботи

1. Взяти перший паперовий фільтр, змочити його, пустити воду в водострумний насос і довести розрідження в колбі до 0,0165 МПа.
2. Відміряти 100 мл дистильованої води, влити в лійку і одночасно включити секундомір. Визначити тривалість фільтрування першої проби.
3. Послідовно повторити п.1-2 5 разів, кожен раз міняючи фільтри.
4. 10 раз повторити таку процедуру з 10-ма пробамі досліджуваної води. Результати занести до табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Тривалість фільтрування проб

Номер проби	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$T_{сер}$
Дистильована вода $T_{дист}$											
Досліджувана вода $T_{досл}$											

Лабораторна робота № 8

Технологічне моделювання процесу прояснення в шарі завислого осаду

Мета роботи: засвоїти методику пробного прояснення води в шарі завислого осаду для визначення параметрів промислових прояснювачів із шаром завислого осаду.

Загальні положення

Прояснення води в шарі завислого осаду є ефективним процесом очищення природних вод, що зводиться до фільтрування оброблюваної коагулянтном води через шар пластівців. При цьому процесі забруднення коагулюють на поверхні пластівців і видаляються з води.

Основними параметрами, що характеризують цей процес є:

- концентрація завислих речовин в шарі C ,
- швидкість висхідного потоку v ,
- висота завислого шару H .

Названі параметри можуть бути визначені в лабораторних умовах на моделі з необхідним ефектом прояснення конкретної води (c_m, v_m, H_m). Параметри робочого (промислового) прояснювача c_p, v_p, H_p пов'язані з характеристиками моделі такими співвідношеннями:

$$\frac{c_p}{c_m} = \left(\frac{D_m}{D_p} \right)^{0,2} \quad (8.1)$$

$$\frac{v_p}{v_m} = \frac{1,25}{D_p^{0,2}} \quad (8.2)$$

$$\frac{H_p}{H_m} = \left(\frac{D_p}{D_m} \right)^{0,4}, \quad (8.3)$$

де D_m, D_p - діаметри моделі і робочого прояснювача відповідно.

Зі збільшенням діаметру прояснювача концентрація завислих речовин в шарі завислих речовин падає, і для збереження ефекту прояснення необхідно збільшити висоту завислого шару.

Із співвідношень 8.1-8.3 можна визначити параметри роботи промислового прояснювача по результатах досліджень моделі. При цьому необхідно зважити на пристінковий ефект: в зоні поблизу стінок вода рухається з більшою швидкістю, а ніж в основній частині розрізу моделі. Співвідношення площ пристінкової та решти зони залежить від поперечних розмірів прояснювача. Науково доведено, що для того, щоб отримати достовірний результат на моделі прояснювача, його поперечні розміри повинні бути не менше 100 мм.

Прилади, посуд, обладнання

1. фільтри паперові,
2. лійка скляна – 2 шт.,
3. колби на 20 мл – 2шт.,
4. сушильний шкаф,
5. бюкси скляні – 2 шт.,
6. аналітичні терези,
7. мірна посудина 0,5-1 л,
8. масштабна лінійка,
- 9.секундомір.

Хід роботи

1. Ознайомитись з лабораторною установкою прояснювача з шаром завислого осаду (рис. 8.1), вивчити його принцип роботи. Вихідна вода з бачка **3** через бачок **5** і повітровідділювач **7** поступає в нижню частину прояснювача **1**, де проходить її очищення. Оброблювана вода подається знизу вверх, проходить шар завислого осаду **2**, потім відводиться переливом в верхній частині прояснювача. Площа зони завислого шару моделі прояснювача складає $F_m = 0,01\text{м}^2$.
2. Треба добитись каламутності оброблюваної води $M_{осв} = 8 - 12\text{г} / \text{м}^3$ шляхом регулювання її витрати: для цього через кожні 15 хв брати пробу, закриваючи або відкриваючи вентиль. Результати заносимо до табл. 8.1, а каламутність визначаємо піс-

ля виміру оптичної щільності на фотокалориметрі (методика переводу оптичної щільності в каламутність див. п. 6 цієї лабораторної роботи).

3. Після того, як довели ефект прояснення до заданої величини, виконати заміри висоти завислого шару H_m .

4. Об'ємним способом за допомогою мірної судини та секундоміру провести заміри витрати оброблюваної води Q , $\text{дм}^3/\text{с}$:

$$Q = \frac{W_m}{\tau} . \quad (8.4)$$

5. Обчислити швидкість руху води в моделі за формулою:

$$v_m = \frac{Q}{F_m} . \quad (8.5)$$

6. Через пробовідбірник відбираємо пробу із шару завислого осаду ємкістю $0,1 \text{ дм}^3$, після чого визначаємо вміст завислих речовин C_m по такій методиці.

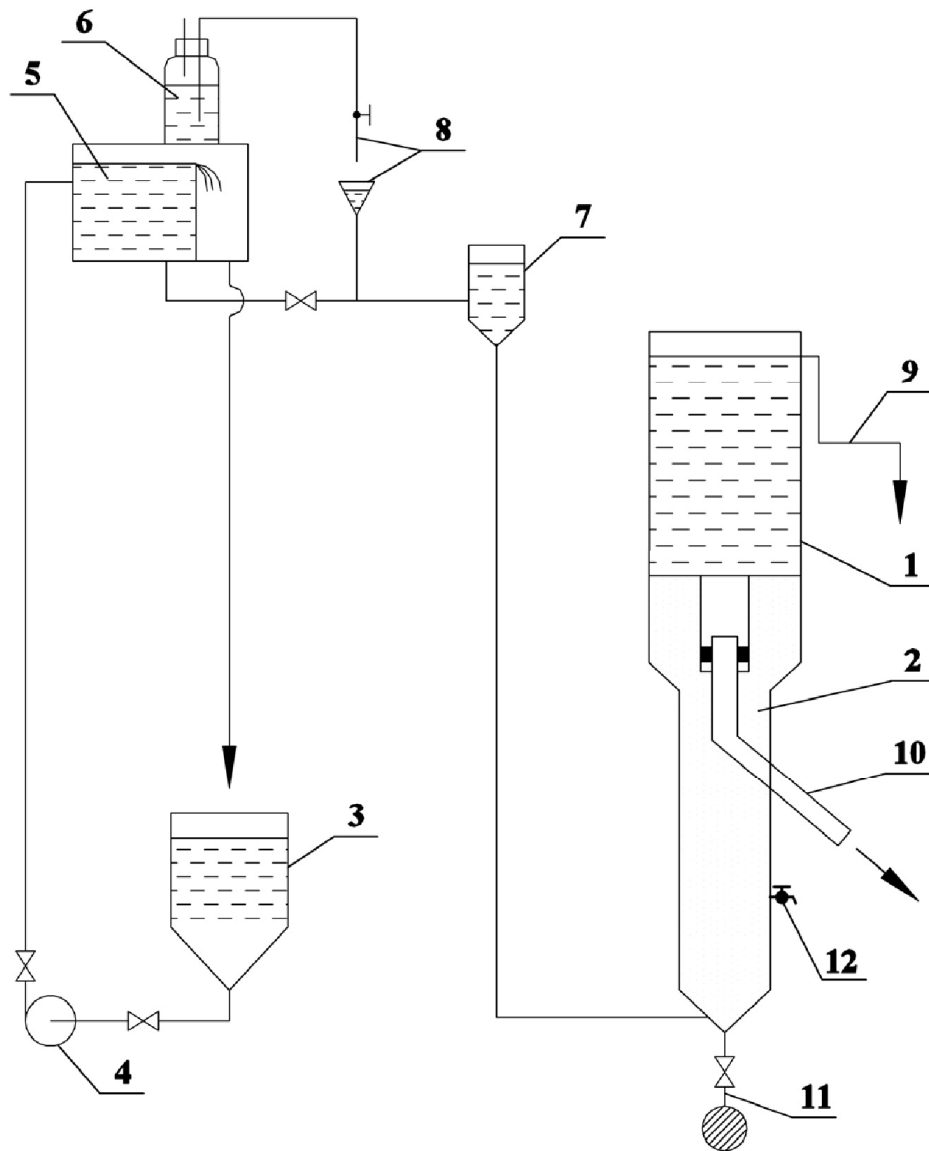


Рис. 8.1 – Схема лабораторної установки прояснювача із шаром завислого осаду:

1 – прояснювач; 2 – шар завислого осаду; 3 – бачок вихідної води;
 4 - центробіжний насос; 5 - бачок постійного рівня; 6 – судина з розчи-
 ном коагулянту; 7 - повітровідділювач; 8 – система для вводу розчину
 коагулянту; 9 – відвід проясненої води; 10 – скид осаду; 11 – спорож-
 нювач; 12 – пробовідбірник.

Вимірюємо оптичну щільність відібраних проб на фотокалориметрі, а потім по стандартній шкалі (рис.8.2) переводимо оптичну щільність в каламутність. Ре-
 зультати заносимо до табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Залежність каламутності води від швидкості руху води в прояснювачі

Показник	Значення показника в досліді			
	1	2	3	4
Об'єм мірної судини W , дм^3				
Час наповнення мірної судини τ , с				
Витрата досліджуваної води Q , $\text{дм}^3/\text{с}$				
Швидкість руху води v_m , мм/с				
Оптична щільність проби D_m				
Каламутність досліджуваної води C_m , г/м^3				

7. Користуючись залежностями 8.1-8.3, визначити параметри роботи промислового прояснювача і результати обчислень занести в табл. 8.2.

Таблиця 8.2 – Розрахунок параметрів прояснювачів

Показник	Метод визначення	Розрахунок показника	Значення показника
Площа модної прояснювача F_m , м^2	лінійкою		
Об'єм мірної судини W , дм^3	табл. 8.1		
Час наповнення мірної судини τ , с	табл. 8.1		
Витрата досліджуваної води Q , $\text{дм}^3/\text{с}$	по формулі 8.4		
Швидкість руху води в: - моделі v_m , мм/с	по формулі 8.5		
- в робочому прояснювачі v_p , мм/с	по формулі 8.2		
Висота завислого шару в: - моделі H_m , м	лінійкою		
- в робочому прояснювачі H_p , м	по формулі 8.3		
Вміст завислих речовин в: - моделі C_m , г/м^3	табл. 8.1		
- в робочому прояснювачі C_p , г/м^3	по формулі 8.1		

3. ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІДЧАС ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

При роботі в лабораторії студенти особливу увагу повинні звертати на техніку безпеки і дотримуватися правил безпечної роботи: вміти користуватися з хімічним посудом, реактивами, розчинами і нагрівальними приладами. Застосовуваний в лабораторії хімічний посуд у більшості випадків скляний, тонкостінний і тендітний, тому вимагає дбайливого користування, тому що при недбалому поводженні з нею можливі різні поранення (порізи рук склом). При роботі хімічний посуд варто тримати в руках обережно (не стискати сильно пальцями). При його митті необхідно стежити за тим, щоб не пробити стінки чи дно. У випадку невеликого порізу варто видалити осколки, змити кров навколо рани ватним тампоном, змоченим розчином перманганату калію, змазати йодом і зав'язати бинтом чи заліпити лейкопластиром. При невеликих порізах рани можна покрити клеєм БФ-6 (для обробки мікротравм). При глибоких артеріальних ранах після видалення скла руку варто міцно перев'язати джгутом вище порізу, видалити кров навколо рани, накласти кілька шарів стерильної марлі, потім товстий шар гігроскопічної вати і звернутися до лікаря.

Дуже велике значення має знання студентів про сполуки, з якими їм приходить працювати в лабораторії. Багато з них можуть бути хімічними отрутами, і при необережному поводженні можуть слугувати причиною хімічних опіків і отруєнь. До таких речовин відносяться, насамперед, рідкі кислоти і луги. Усі реактиви і розчини, які використовуються в лабораторії, повинні знаходитися в закритому посуді з чітким написом, який вказує назву і концентрацію реагенту. При влученні сильних кислот на шкіру варто негайно змити облите місце водою, а потім 5 %-ним розчином двовуглекислої соди. При опіку лугами також рекомендується обмити уражене місце водою, а потім 2 %-ним розчином оцтової кислоти. Якщо кислота пролилася на підлогу, її варто засипати піском, потім зібрати його і винести з приміщення, а облите місце промити розчином соди. При роботі з реактивами варто завжди пам'ятати, що наповнення піпеток для виміру малих обсягів кислот, лугів і інших речовин виконують тільки за допомогою гумової груші. Засмоктування ро-

том категорично забороняється! Усю роботу зі шкідливими й отруйними речовинами необхідно проводити у витяжних шафах.

Нагрівальні прилади варто встановлювати на теплоізоляційні підставки. При необережній роботі можливі теплові опіки від самого приладу і нагрітого хімічного посуду. Не рекомендується брати гарячий посуд руками. Нагріті предмети беруть щипцями, колбодержачами, джгутом з рушника. Необхідно уважно стежити за роботою нагрівальних приладу і не слід залишати їх без догляду. У випадку опіків першого ступеня (червоність) на обпалене місце необхідно накласти вату, змочену розчином марганцевокислого калію, концентрація якого мусить бути тим більше, чим сильніше опік. Можна використовувати і мазі від опіків. При опіках другого ступеня (міхури) обпалене місце обробляють розчином марганцевокислого калію чи 5 %- ним розчином Танина. При опіках третього ступеня (руйнування тканин) рану покривають стерильною пов'язкою і викликають лікаря. У приміщенні лабораторії, де працюють студенти, завжди повинні бути наготові протипожежні засоби: вогнегасники, азбест, пісок. Не допускається гасити водою олію, гас, бензин, сірковуглець і ін.

Кожен студент перед початком роботи в лабораторії зобов'язаний ознайомитися з основними положеннями „Інструкції з техніки безпеки для працюючих у хімічних лабораторіях”.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Николадзе Г.И., Минц Д-М., Кастальский А.А. Підготовка води для господарсько-питного і виробничого водопостачання. - М.: Вища школа, 1984.
2. Вода питна. Методи аналізу. - М.: Державні стандарти СРСР, 1984.
3. Довідник по властивостях, методам аналізу й очищенню води/ Під ред. Л.А. Кульського, И.Т. Гороновського, А.М. Когановського й ін.- Київ: Наук.думка, 1960.
4. Кульський Л. А., Левченко Т.М., Петрова М.У, Хімія і мікробіологія води. Практикум. - Київ: Вища школа, 1976.

ДОДАТОК 1

Послідовність оформлення лабораторного журналу.

Дата:

Лабораторна робота №...

Назва роботи

Мета роботи:

Устаткування, прилади, реактиви:

Хід роботи (методика визначення):

Схема лабораторної установки:

Таблиця вихідних даних і результатів:

Формули та розрахунки:

Висновки:

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Спецкурс з очистки природних вод» (для магістрів спеціальності 8.092601 –
«Водопостачання та водовідведення»).

Укладач: Леся Василівна Крамаренко

Редактор М.З. Аляб'єв

План 2008, поз. 332М

Підп. до друку 06.01.2009р.	Формат 60х84 1/16	Папір офісний.
Друк на ризографі.	Умовн.-друк. арк. 2,2	Обл.- вид. арк. 2,5
Зам. №	Тираж 50 прим.	

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ
61002, Харків, вул. Революції, 12